

دستور کار آزمایش دو آینه فرنل

هدف آزمایش

۱- مشاهده پدیده تداخل در دو آینه فرنل ۲- اندازه گیری طول موج

وسایل آزمایش: لامپ سدیم همراه با سه پایه رومیزی کوچک، ستون قطر ۱۰ (و طول ۵۰۰ میلی متر) وبست پایه، تغذیه سدیم وقاب لامپ، شکاف متغیر، میکروسکوپ مکانیکی، لغزنده ریل اپتیکی مدرن (۲ عدد)، متر، کولیس، دو آینه فرنل، ریل اپتیکی مدرن همراه با سه پایه رومیزی، کوچک، ستون با قطر ۱۰ و طول ۱۸۰ میلی متر

تئوری آزمایش

هرگاه نوری با طول موج λ از دو منبع نقطه ای که دارای اختلاف فاز ثابتی هستند در نقطه ای به هم برسند، این دو نور با هم تداخل می کنند. بیان مختلط بردار دامنه ارتعاش در جهت x از رابطه زیر بدست می آید.

$$E_i = E_{oi} e^{i(\omega t - \delta_i)}$$

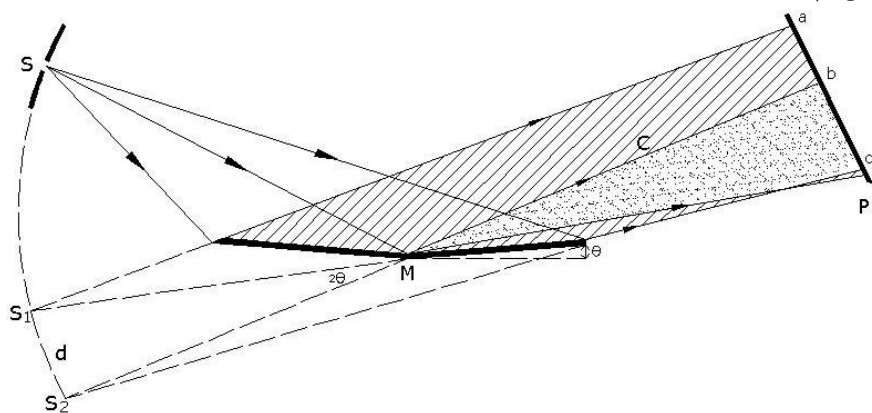
که δ_i نمایش فاز است و شدت جزئی از رابطه زیر بدست می آید.

$$I = E_i \cdot E_i^*$$

و مقدار آن برابر است با

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta \quad (1)$$

در این رابطه $\delta = \delta_2 - \delta_1$ و I_1 ، I_2 شدت چشمه های اول و دوم است. بر طبق معادله (۱) نقاط ماکزیمم و مینیمم به صورت تابعی از اختلاف فاز δ است. اگر از چشمه نورانی S یک دسته موج روی دو آینه فرنل که زاویه بین آنها θ است بتابد طرح تداخلی روی پرده P مشاهده خواهد شد. آینه ها و چشمه S را می توان جانشین دو چشمه نورانی هم دوس S_1 و S_2 با فاصله d دانست. (شکل ۱)



شکل (۱)

اگر R فاصله منبع S تا فصل مشترک دو آینه M باشد می توان نوشت:

$$MS_1 = MS_2 = R$$

و

$$d = 2R \sin \theta \quad (2)$$

اگر فاصله پرده و دو منبع (D) در مقایسه با فاصله بین دو ماکزیمم تداخلی متوالی بزرگ باشد، تقریباً اختلاف راه دو پرتو برابر است با:

$$r_2 - r_1 = \frac{Xd}{D}$$

و اختلاف فاز δ_i از رابطه زیر بدست می آید.

$$\delta = K(r_2 - r_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{Xd}{D} \right) \quad (3)$$

بر طبق معادله (۳) محل ماکزیمم ها روی پرده از نوار مرکزی، X جایی است که

$$X = m \frac{\lambda D}{d} \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (4)$$

بر اساس این رابطه فاصله هر دو فریز پیاپی برابر است با:

$$i = X_{m+1} - X_m = \frac{\lambda D}{d} \quad (5)$$

روش اندازه گیری d از طریق اندازه گیری قوس مقابل زاویه (θ) دو آینه است، بدین ترتیب که ضخامت دو آینه در حالتی که $\theta = 0$ و در حالتی که زاویه دو آینه θ است اندازه گیری می شود. اختلاف این دو مقدار تقریباً مساوی قوس زاویه θ است. از رابطه (۲) می توان فاصله دو منبع را بدست آورد، و چون زاویه کوچک است می توان نوشت:

$$d = 2R \sin \theta \approx 2R \tan \theta \approx 2R \theta$$

که R فصل مشترک دو آینه تا شکاف است.

با جایگذاری در رابطه (۵) داریم:

$$i = \frac{\lambda D}{2R \theta} \quad (6)$$

روش آزمایش

ریل اپتیکی را بر روی سه پایه آن نصب کرده و پیچ آن را سفت کنید. شکاف متغیر (S) را در انتهای آن نصب و لامپ سدیم را در مقابل آن طوری قرار دهید که روشنایی یکنواختی از آن خارج گردد. سپس زاویه بین دو آینه را بر روی 180° قرار دهید، برای اطمینان از تنظیم زاویه آینه ها، مماس بر سطح آینه ها به فصل مشترک نگاه کنید مشاهده می کنید اگر زاویه کمتر از 180° باشد شما دو تصویر مجاور هم از محیط آزمایشگاه می بینید ولی با

افزایش زاویه، این دو تصویر آرام آرام به یکدیگر نزدیک شده و در زاویه 180° درجه تنها یک تصویر پیوسته می بینید. سپس دو آینه را در مقابل شکاف متغیر قرار دهید بگونه ای که لبه آینه از شکاف متغیر در حدود دو سانتیمتر فاصله داشته باشد و فصل مشترک دو آینه با شکاف کاملاً موازی باشد. اگر راستای فصل مشترک با شکاف متغیر موازی نیست بوسیله چرخاندن شکاف

متغیر، شکاف را با فصل مشترک دوآینه موازی کنید برای دقت بیشتر با پیچاندن پیچ توازی آن می توانید شکاف متغیر را به میزان دلخواه بچرخانید. حال ضخامت لبه آینه را اندازه گیری نمایید (t_0).

اکنون مماس بر دوآینه به فصل مشترک نگاه کنید و سعی کنید تا شکاف متغیر را که نور لامپ سدیم از آن می گذرد داخل آینه ببینید. باید تصویر شکاف را بر روی فصل مشترک ببینید اگر اینگونه نیست دوآینه را بر روی محور خود بچرخانید تا تصویر شکاف بر روی فصل مشترک واقع شود. اکنون اندکی پیچ زاویه را بچرخانید تا زاویه دو آینه کمتر از 180° درجه شود اکنون اگر مماس بر آینه ها به دوآینه نگاه کنید در مکان فصل مشترک دو تصویر از شکاف متغیر می بینید که هرکدام در یک سوی فصل مشترک قرار گرفته اند. حال سر خود را از یک سمت به طرف دیگر حرکت دهید. اگر تصویری که در یک سمت تشکیل شده است به یکباره در فصل مشترک ناپدید شود فصل مشترک با شکاف موازی است. اگر توازی را کامل برقرار کرده باشید می توانید با می دقت فریزهای ریزی را مشاهده کنید. اکنون ارتفاع میکروسکوپ را چنان قرار دهید که چشمی آن مقابل دوآینه قرار بگیرد. دقت داشته باشید که در این حالت بایستی فاصله شیئی میکروسکوپ از فصل مشترک دوآینه بیش از ۹ سانتیمتر باشد، در صورتیکه این فاصله کمتر از این میزان است با دور کردن ریل از میکروسکوپ و یا با عقب کشیدن شیئی بوسیله پرچاندن پیچ کنار آن این فاصله را ایجاد نمایید.

لوله میکروسکوپ را با تنظیم ارتفاع آن در امتداد خط دیدتان قرار دهید، یک نوار تاریک پهن مشاهده می نمائید که دو طرف آن روشن است اکنون با چرخاندن پیچ زاویه دوآینه دو تصویر روشن را به یکدیگر نزدیک کنید، مشاهده می کنید همانطور که تصاویر بریکدیگر منطبق می شوند در محل انطباقشان نوارهای تاریک و روشن ایجاد می شود. اگر نوارها کاملا واضح نیستند با تنظیم توازی شکاف متغیر و تنظیم پهنای آن (برای تغییر شدت نور عبوری) آنها را واضح سازید. اکنون i را برای حداقل ۵ فریز پیاپی اندازه بگیرید. سپس مجددا ضخامت لبه آینه را اندازه گیری کنید (t) و با استفاده از رابطه زیر θ را محاسبه کنید.

$$\tan \theta \approx \theta = \frac{(t - t_0)}{R}$$

همچنین توجه داشته باشید که

$$D = R + R_1 - \varepsilon$$

که R_1 فاصله فصل مشترک دوآینه تا شیئی میکروسکوپ و ε دید واضح میکروسکوپ است. برای بدست آوردن دید واضح میکروسکوپ (ε) کافیت تصویر کاغذی را بوسیله میکروسکوپ به طور واضح مشاهده نمایید در این حالت فاصله شیئی تا کاغذ همان دید واضح میکروسکوپ (ε) می باشد. اکنون با استفاده از رابطه (۶) طول موج را بدست آورید.

سؤال

۱- رابطه (۱) را ثابت کنید.

۲- راه های دیگری برای تعیین فاصله دو منبع مجازی در دو آینه فرنل پیشنهاد نمایید.